

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
17. Mai 2001 (17.05.2001)

PCT

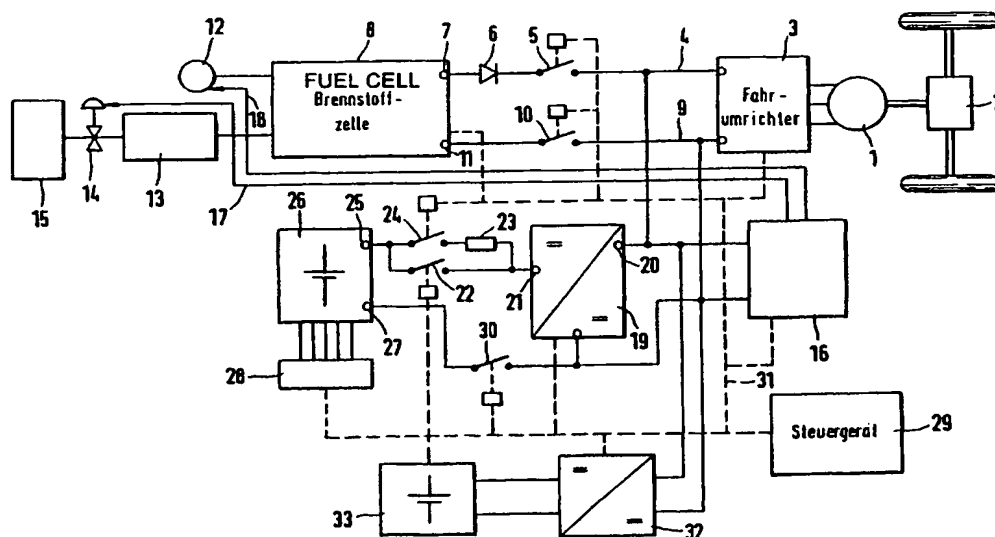
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/34424 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: B60L 11/18, 15/20 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ABERLE, Markus [DE/DE]; Kelterstrasse 19, 73265 Dettingen (DE). SON-NTAG, Josef [DE/DE]; Weileräcker 27, 73230 Kirchheim (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/09233
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
21. September 2000 (21.09.2000) (74) Anwälte: KOCHER, Klaus-Peter usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, FTP - C106, 70546 Stuttgart (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (30) Angaben zur Priorität:  
199 54 306.2 11. November 1999 (11.11.1999) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): XCELLSIS GMBH [DE/DE]; Neue Strasse 95, 73230 Kirchheim/Teck-Nabern (DE). Veröffentlicht:  
— Mit internationalem Recherchenbericht.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR GENERATING ELECTRIC ENERGY IN A MOTOR VEHICLE BY MEANS OF A FUEL CELL AND METHOD FOR OPERATING SUCH A DEVICE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR ELEKTRISCHEN ENERGIEERZEUGUNG MIT EINER BRENNSTOFFZELLE IN EINEM FAHRZEUG UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER DERARTIGEN VORRICHTUNG



3... CONVERTER  
29... CONTROL DEVICE

(57) Abstract: The invention relates to a device for generating electric energy in a motor vehicle by means of a fuel cell (8). An intermediate energy accumulator (2) provides the energy for a battery start and is being charged when the fuel cell is operated. Said accumulator supplies the consumers connected to the fuel cell network with energy in the case of an increased power requirement and accumulates energy during braking.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 01/34424 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit der Brennstoffzelle (8) in einem Fahrzeug. Ein Energiezwischenspeicher (2) liefert die Energie für den Batteriestart, wird beim Betrieb der Brennstoffzelle geladen, gibt bei erhöhten Leistungsbedarf Energie an die angeschlossenen Verbraucher des Brennstoffzellennetzes ab und nimmt beim Bremsen Energie auf.

Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle in einem Fahrzeug und Verfahren zum Betrieb einer derartigen Vorrichtung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle in einem Fahrzeug, das wenigstens einen Antriebsmotor aufweist, der über einen Umrichter mit der Brennstoffzelle verbindbar ist, der Hilfsaggregate für die Startphase und den Dauerbetrieb nach der Startphase zugeordnet sind, und auf ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Vorrichtung.

Es ist bereits eine Schaltungsanordnung zur elektrischen Energieversorgung eines eine Brennstoffzelle und eine Akkumulatorschaltung enthaltenden Netzes vorgeschlagen worden, in dem der Akkumulator während des Startvorgangs die Energie liefert (DE 198 104 685). Die Akkumulatorschaltung ist bei dieser Anordnung über einen oder mehrere DC/DC-Wandler an das Brennstoffzellennetz angeschlossen, mit dem auch die Antriebe von Hilfsaggregaten wie einem Kompressor zur Förderung des Brennmittels und/oder von Luft verbunden sind. Zu Beginn eines Startvorgangs liefert der Akkumulator die Energie für die Hilfsaggregate. Im Anschluß an den Startvorgang, also im Nennbetrieb, wird der Akkumulator über den DC/DC-Wandler aufgeladen.

Bekannt ist ein Verfahren zum Starten eines Brennstoffzellen-Fahrzeugs, das von einer elektrischen Antriebseinheit, die von der Brennstoffzelle gespeist wird,

-2-

angetrieben wird. Das Brennstoffzellenfahrzeug enthält eine Brennstoffzelle, der über eine Leitung, in der ein Ventil und ein Druckregler angeordnet sind, ein Brennmittel, z. B. Wasserstoff, zugeführt wird. Über eine weitere Leitung, in der ein Luftfilter, eine Luftmassenmesser und eine Kompressor angeordnet sind, wird der Brennstoffzelle ein Oxydant, z. B. Luft, zugeführt. Zum An-trieb des Kompressors sind ein von einer Starterbatterie von 12 V gespeister elektrischer Anlassermotor und ein weiterer für die Spannung der Brennstoffzelle ausgelegter Elektromotor vorgesehen. Zum Start der Brennstoffzelle wird der Anlasser-motor von der Starter-Batterie mit Strom versorgt. Im Normalbetrieb liefert die Brennstoffzelle die zum Betrieb des weiteren Elektromotors nötige Energie. Durch einen Strom-steller wird die Drehzahl des Elektromotors und damit die des Kompressors zur Beeinflussung des Oxydanten-Massenstroms eingestellt um die Leistung der Brennstoffzelle zu beeinflussen (DE 43 22 767 A1).

Bei höheren Antriebsleistungen des Fahrzeugs ist eine entsprechend bemessene Brennstoffzelle erforderlich, deren Hilfs- bzw. Zusatzaggregate in der Startphase ebenfalls große Leistungen benötigen. Bei Verwendung einer 12 V Starterbatterie muß diese daher große Ströme in der Startphase abgeben, was sich ungünstig für den Ladezustand und auch die Lebensdauer auswirkt. Die großen Ströme benötigen überdies große Leiter-querschnitte. Bei von Brennstoffzellen mit elektrischer Energie versorgten Fahrzeugen ist es erwünscht, diese rekuperativ zu Bremsen. Eine herkömmliche Starterbatterie von 12 V kann jedoch die rückgespeiste Energie nur zum Teil aufnehmen, so daß ein großer Teil der Energie in Wärme umgesetzt werden muß. Hierdurch verschlechtert sich der Gesamtwirkungsgrad des Brennstoffzellensystems.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie mit einer Brennstoffzelle und mit den für den Start und den

-3-

Dauerbetrieb der Brennstoffzelle notwendigen Hilfs- bzw. Zusatzaggregaten dahingehend weiterzuentwickeln, daß eine im Fahrzeugbordnetz mit Verbrauchern wie Lampen vorhandene Speicherbatterie in der Startphase der Brennstoffzelle entlastet wird und das aus der Brennstoffzelle und ihren Hilfs- bzw. Zusatzaggregaten bestehende Brennstoffzellensystem in den verschiedenen Betriebszuständen des Fahrzeugs, insbesondere auch bei Teillast des Fahrzeugantriebs, im Leerlauf oder beim Bremsen gegebenenfalls bis zum Stillstand des Fahrzeugs, einen hohen Wirkungsgrad hat, und daß eine zur schnellen Beschleunigung des Fahrzeugs erforderlich Leistung zusätzlich zur Brennstoffzellenleistung verfügbar ist. Weiterhin besteht das von der Erfindung zu lösende Problem darin, ein Verfahren für den Betrieb einer solchen Vorrichtung anzugeben.

Das Problem wird bei einer Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Umrichter und Hilfs- bzw. Zusatzaggregate für das Starten und den Betrieb der Brennstoffzelle sowie eine Seite eines bidirektionalen DC/DC-Wandlers über wenigstens einen Schaltkontakt mit den elektrischen Ausgängen der Brennstoffzelle verbindbar sind, daß an die andere Seite des DC/DC-Wandlers über wenigstens einen weiteren Schaltkontakt ein elektrischer Energiezwischenspeicher anschließbar ist, und daß ein Steuergerät vorgesehen ist, das die Freigabe des Energieflusses über den DC/DC-Wandler und die Energieflußrichtung in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Brennstoffzelle und des Energiezwischenspeichers steuert. Vom Energiezwischenspeicher, der eine entsprechende Kapazität hat, können die Hilfsaggregate für den Start der Brennstoffzelle in der Startphase mit Energie versorgt werden. Der Energiefluß verläuft dann bei geschlossenem Schaltkontakt zwischen Energiezwischenspeicher und DC/DC-Wandler in Richtung der Hilfsaggregate. Nach der Startphase wird der den Ausgängen der Brennstoffzelle nachgeschaltete Schaltkontakt

-4-

schlossen. Die Startphase ist beendet, wenn die Brennstoffzelle ihre vorgesehene Betriebsspannung erreicht hat. Dieser Zustand kann vom Steuergerät festgelegt werden, das die Schließung des Schaltkontakt zwischen den Ausgängen der Brennstoffzelle und den weiteren, an des Brennstoffzellennetz angeschlossenen Verbrauchern wie Zusatz-aggregate, Umrichter sowie dem DC/DC-Wandler bewirkt. In diesem Schaltzustand kann bei Umkehr der Stromflußrichtung im DC/DC-Wandler der Energiezwischenpeicher entweder von der Brennstoffzelle oder vom Umrichter im Bremsbetrieb des Fahrzeugs aufgeladen werden. Die Ladung des Energiezwischen-speichers kann zur Aufnahme eines Teils der elektrischen Energie aus der Brennstoffzelle zweckmäßig sein, wenn der Antrieb im Teillastbetrieb arbeitet, von der Brennstoffzelle aber zur Erzielung eine hohen Wirkungsgrads eine höhere Leistung abgegeben wird. Im Bremsbetrieb wird die vom Umrichter des Antriebs zurückgespeiste Energie dem Energie-zwischenspeicher zugeführt. Wenn die vom Fahrzeugantrieb benötigte Leistung sehr schnell abfällt, was z. B. beim raschen Übergang vom Fahrbetrieb in den Stillstand geschieht, kann die Brennstoffzelle zur Ausnutzung des Brenngases langsamer auf eine geringe Leistung zurückgeführt werden, wobei die vom Antrieb nicht mehr benötigte Energie in den Energiezwischen-speicher eingeleitet wird. Der Schaltkontakt ist insbesondere Bestandteil eines Batterieschutzschalters z. B. Schaltschützes, das mit dem Steuergerät verbunden ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist zwischen mindestens einem elektrischen Ausgang der Brennstoffzelle und dem Schalter eine bezüglich der Polarität der Ausgangsspannung bei Nennbetrieb der Brennstoffzelle in Durchlaßrichtung gepolte Diode angeordnet. Die Reihenschaltung zwischen Schalter und Diode ist beliebig, d. h. die Diode kann auch hinter dem Schalter angeordnet sein. Die Diode verhindert, daß Strom aus dem Netz, an das der Umrichter und der DC/DC-Wandler angeschlossen sind, in

die Brennstoffzelle eingespeist wird. Mit der Diode läßt sich auf besonders einfache Weise die Rückspeisung in die Brennstoffzelle vermeiden.

Es ist zweckmäßig, wenn zwischen dem einen elektrischen Anschluß des Energiezwischenspeichers und einem Eingang des DC/DC-Wandlers der Schaltkontakt parallel mit einer Reihenschaltung eines weiteren Schaltkontakts und eines Widerstands angeordnet sind, wobei die beiden Schaltkontakte durch das Steuergerät betätigbar und Schütz- oder Relaiskontakte sind. Die Reihenschaltung aus Schalter und Widerstand wird vor dem parallel liegenden Schalter eingeschaltet, um den Einschalt-stromstoß des DC/DC-Wandler klein zu halten.

Zwischen dem zweiten elektrischen Anschluß des Energiezwischenspeichers und Masse, an die jeweils ein Anschluß des DC/DC-Wandlers und der Hilfsantrieb sowie des Fahrumrichters gelegt ist, ein vom Steuergerät betätigbarer Schalter angeordnet ist. Dieser Schalter, der zum Schutz des Energiezwischenspeichers vorgesehen ist, ist im Stillstand des Fahrzeugs offen.

Vorzugsweise sind beide elektrische Ausgänge der Brennstoffzelle über je einen Schalter mit dem den Fahrumrichter enthaltenden Netz verbunden, wobei die Schalter vom Steuergerät jeweils für sich betätigbar sind.

Als Energiezwischenspeicher ist insbesondere eine Blei-Säure-Batterie, eine Nickel-Cadmium-Batterie, eine Nickel-Metallhydrid-Batterie, eine Lithium-Ionen-Batterie oder eine Lithium-Polymerbatterie vorgesehen.

Als Energiezwischenspeicher kann auch ein Doppelschichtkondensator oder ein Super- bzw. Ultrakondensator eingesetzt werden (Die Lebensdauer des Betriebs derartiger Energiezwischen-speicher ist nicht von Ladezyklen abhängig).

Es ist zweckmäßig, wenn Sensoren, insbesondere zur Messung der Spannung und der Temperatur des Energiezwischenspeichers, vorgesehen und als Teilnehmer an einem Bus mit dem Steuergerät verbunden sind. Wenn im Fahrzeug bereits ein Datenbus vorhanden ist, können die Sensoren oder eine mehrere Sensoren für den Energiezwischenspeicher umfassende Einheit bzw. Baugruppe mit diesem Bus verbunden sein.

Bei einer weiteren günstigen Ausführungsform sind der bidirektionale DC/DC-Wandler und wenigstens ein weiterer bidirektionaler DC/DC-Wandler, der mit dem von der Brennstoff-zelle gespeisten Netz und mit einem Bordnetz verbunden ist, dessen Spannung kleiner als die Nennspannung der Brennstoff-zelle ist, in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Die beiden DC/DC-Wandler können eine Versorgungsspannung, z. B. die Spannung des Bordnetz von 12 V, und eine Kühlmediumsversorgung gemeinsam nutzen. Auch die Kommunikationsschnittstelle zum Bus, z. B. einem CAN-Bus, kann für beide Wandler gemeinsam sein.

Vorzugsweise sind auch die Schalter zwischen dem Energiezwischenspeicher und dem DC/DC-Wandler sowie das Steuergerät im Gehäuse angeordnet.

Zweckmäßig ist es, die beiden DC/DC-Wandler, die Kühlung für diese Wandler, das Steuergerät mit wenigstens einem Mikrocontroller, die Strommeßeinrichtung und die Komponenten für die Energiezwischenspeicherüberwachung in einem Gehäuse zu einer funktionellen Einheit anzuordnen, die die Anschlüsse zu den anderen elektrischen Bauteilen aufweist.

Ein Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle in einem Fahrzeug, das wenigstens einen Antriebsmotor aufweist, der über einen Umrichter mit der Brennstoffzelle



verbunden ist, der Hilfsaggregate für die Startphase und den Dauerbetrieb nach der Startphase zugeordnet sind, wobei der Umrichter, und Hilfs- und Zusatzaggregate für das Starten und den Betrieb der Brennstoffzelle sowie eine Seite eines bidirektionalen DC/DC-Wandlers an die elektrischen Ausgänge über wenigstens einen Schaltkontakt der Brennstoffzelle anschaltbar sind, und wobei an die andere Seite des DC/DC-Wandlers über wenigstens einen weiteren Schaltkontakt ein Energiezwischenspeicher anschließbar ist, der mit einem Steuergerät verbunden ist, besteht erfindungsgemäß darin, daß die brennstoffzellenseitige Spannung und die energiezwischenspeicherseitige Spannung gemessen werden, daß beim Laden des Energiezwischenspeichers ein minimaler brennstoffzellenseitiger Spannungswert, ein brennstoffzellenseitiger Sollstrom, ein maximaler energiezwischenspeicherseitiger Spannungswert und ein maximaler energiezwischenspeicherseitiger Strom vorgegeben und überwacht werden, daß beim Erreichen des minimalen brennstoffzellen-seitigen oder des maximalen energiezwischenspeicherseitigen Spannungswerts oder des brennstoffzellenseitigen Sollstroms oder des energiespeicherseitigen Maximalstroms der Ladestrom des DC/DC-Wandlers zur Vermeidung des Unterschreitens des minimalen oder Überschreitens des maximalen Spannungswerts und des Überschreitens des Sollstroms oder des maximalen Strom reduziert wird, daß beim Entladen des Energiezwischenspeichers ein maximaler brennstoffzellenseitiger Spannungswert, der brennstoffzellenseitige Sollstrom, ein energiezwischenspeicherseitiger minimaler Spannungswert und ein energiezwischenspeicherseitiger Spannungswert und ein energiezwischenspeicherseitiger maximaler Stromwert vorgegeben und überwacht werden, und daß beim Erreichen des maximalen brennstoffzellenseitigen Spannungswerts oder des Sollstroms oder des energiespeicherseitigen maximalen Stromwerts der Entladestrom des Energiezwischenspeichers durch den DC/DC-Wandler derart reduziert wird, daß der

maximalen Spannungswert nicht über- und der minimale Spannungswert nicht unterschritten und der Sollstrom oder der maximale Strom nicht überschritten werden. Mit den vorstehend beschriebenen Verfahrensschritten wird verhindert, daß die Brennstoffzelle zu stark belastet wird, d. h. eine zu geringe Ausgangsspannung hat, und daß die Spannung an den Verbrauchern unzulässig hoch wird. Zugleich wird verhindert, daß der Energiezwischenspeicher auf eine seine Funktionsfähigkeit beeinträchtigten Spannung absinkt oder einen unzulässigen hohen Strom abgibt oder mit einer unzulässig hohen Spannung beaufschlagt wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß bei Erreichen bzw. Unterschreiten des minimalen brennstoffzellenseitigen Spannungswerts oder eines vorgegebenen darüber-liegenden höheren Spannungswerts der DC/DC-Wandler auf End-lademodus eingestellt wird, in dem der Strom in das mit der Brennstoffzelle verbundene Netz eingespeist wird, daß bei Erreichen bzw. Überschreiten des maximalen brennstoffzellen-seitigen Spannungswerts oder eines unterhalb dieses Spannungs-werts liegenden, vorgegebenen Spannungswerts der DC/DC-Wandler auf Lademodus eingestellt wird, bei dem Strom aus dem mit der Brennstoffzelle verbundenen Netz in den Energiezwischen-speicher eingespeist wird, und daß bei einer zwischen dem minimalen und dem maximalen vorgegeben Spannungswert liegender Spannung der Brennstoffzelle der DC/DC-Wandler inaktiv ist. Mit dem vorstehend angegebenen, automatisch ausgeführten Verfahren wird die Spannung an den Verbrauchern unabhängig vom jeweiligen Betriebszustand des Fahrzeugs, z. B. dem Antriebs-, Bremsbetrieb oder Leerlauf, innerhalb der vorgegebenen Grenzen gehalten, um ein sicheres Arbeiten der Verbraucher zu gewährleisten. Der Energie-zwischenspeicher nimmt z. B. die beim Bremsen vom Traktions-antrieb im Generatorbetrieb rückgespeiste Energie auf. Bei ansteigenden Leistungsbedarf gibt der Energiezwischenspeicher Energie an die Verbraucher ab. Bei

einem Lastabwurf nimmt der Energiezwischenspeicher Strom von der Brennstoffzelle auf.

Zum Starten der oben beschriebenen, erfindungsgemäßen Vorrichtung wird zuerst der Energiezwischenspeicher durch Schließen des Schalters mit dem DC/DC-Wandler verbunden, der die Energie für die Hilfs- bzw. Zustandsaggregate zur Verfügung stellt, die an das mit seinem Ausgang verbundene Netz angeschlossen sind, wobei die Brennstoffzelle durch die Hilfs- bzw. Zustandsaggregate in Gang gesetzt wird. Gibt die Brennstoffzelle die vorgesehene Spannung ab, wird der Schalter am Ausgangs der Brennstoffzelle geschlossen.

Insbesondere wird zu Beginn der Startphase der in Serie mit dem Widerstand angeordnete Schalter angeschlossen, danach wird der zwischen dem anderen Ausgang des Energiezwischenspeichers und Masse angeordnete Schalter geschlossen, anschließend wird der parallel zu dem Schalter mit dem Widerstand liegende Schalter geschlossen und nach dessen Schließung der Schalter in Reihe mit dem Widerstand geöffnet, im Anschluß daran werden die Hilfs- bzw. Zusatzaggregate für die Brennstoffzelle eingeschaltet und ein zwischen dem Brennstoffzellenausgang und Masse angeordneter Schalter geschlossen, worauf nach Erreichen der Leerlaufspannung der Brennstoffzelle der andere Schalter geschlossen wird.

Bei Unterbrechung des Vorlade- bzw. Startvorgangs wird der Schalter zwischen Masse und dem einen Ausgang des Energiezwischenspeichers geöffnet, bevor der mit dem Widerstand in Reihe liegende Schalter geöffnet wird.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand eines in einer Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben, aus dem sich weiter Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle und einem Energiezwischen-speicher in einer mobilen Einrichtung im Blockschalt-bild,
- Fig. 2 einen Teil einer Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle und einem Energiezwischenpeicher in einem Fahrzeug mit in einem Gehäuse angeordneten DC/DC-Wandlern und Steuer- und Schaltbauteilen im Blockschaltbild.

Eine nicht näher bezeichnete mobile Einrichtung, insbesondere ein Fahrzeug, enthält eine elektrischen Antriebsmaschine 1, die im Bremsbetrieb auch als Generator arbeitet. Bei der elektrischen Maschine 1 kann es sich um eine Gleichstrom-maschine oder eine Drehstrommaschine wie Synchron- oder Asynchronmaschine handeln. Die Maschine 1 ist über eine nicht näher bezeichnete Welle über ein Differentialgetriebe 2 mit nicht näher bezeichneten Antriebsrädern des Fahrzeugs verbunden. Als Antriebselemente können auch Radnasenmotoren verwendet werden.

Ein Fahrumrichter bzw. Umrichter 3 ist an die Klemmen der Maschine 1 angeschlossen. Die gleichstromseitigen Eingänge des Fahrumrichters 3 sind an ein Gleichstromnetz angeschlossen, das auch im folgenden Brennstoffzellen-Zwischenkreis genannt wird. Eine mit einem Eingang des Fahrumrichters 3 verbundene Leitung 4 des Gleichstromnetzes verläuft zu einem Pol eines Schaltkontakts 5, eines Batterieschutzschalters z. B. eines Schaltschützes, dessen anderer Pol mit der Kathode einer Diode 6 verbunden ist, deren Anode an den einen elektrischen Ausgang 7 einer Brennstoffzelle 8 angeschlossen ist, bei der es sich insbesondere um eine PEM-Brennstoffzelle handelt. Eine weitere Leitung 9 des Gleichstromnetzes ist mit dem anderen

-11-

gleich-stromseitigen Eingang des Fahrumrichters 3 und einem Pol eines zweiten Schaltkontakts 10 verbunden, dessen anderer Pol an den anderen elektrischen Ausgang 11 der Brennstoffzelle 8 gelegt ist. Der Schaltkontakt 10 ist insbesondere ebenfalls ein Schützkontakt.

Der Brennstoffzelle 8 sind eine Reihe von Hilfs- und Zusatzaggregaten für die Startphase und den Betrieb zugeordnet. Eines dieser Aggregate ist z. B. ein Kompressor 12, der für die Luftzufuhr zur Brennstoffzelle 8 vorgesehen ist. Der Brennstoffzelle wird weiterhin von einer Reformiereinrichtung 13 Brenngas zugeführt. Die Reformiereinrichtung steht über ein Ventil 14 mit einem Brennstofftank 15 in Verbindung. Es können auch noch weitere, nicht dargestellt Hilfs- und Zusatzaggregate wie z. B. eine Kühlwasserpumpe und dgl. vorhanden sein. Die Schaltgeräte für die Hilfs- und Zusatzaggregate sind in der Zeichnung schematisch mit einem Block 16 bezeichnet, von dem aus Leitungen 17, 18 zu den Hilfs- und Zusatzaggregaten verlaufen. Die Schaltgeräte gemäß dem Block 16 sind an das Gleichstromnetz bzw. die Leitungen 4, 9 des Gleichstromnetzes angeschlossen. Die Leitung 9 ist hierbei an Masse bzw. Fahrzeugmasse gelegt.

Ein DC/DC-Wandler 19 für bidirektionalen Betrieb ist auf einer Seite mit dem Gleichstromnetz verbunden, d. h. ein Aus/Eingang 20 des DC/DC-Wandler 19 ist an die Leitung 4 bzw. einen Pol des Schaltkontakts 5 angeschlossen.

Ein zweiter Ein/Ausgang 21 auf der anderen Wandlerseite ist mit einem Pol eines Schalters 22 und einem Widerstand 23 verbunden. Der Widerstand 23 ist in Reihe mit einem Schalter 24 oder Relais angeordnet. Der andere Pol des Schalters 22 und ein Pol des Schalters 24 sind mit einem Anschluß 25 eines Energiezwischenspeichers 26 verbunden, bei dem es sich um einen Akkumulator, insbesondere eine Blei-Säure-Batterie, eine Nickel-Cadmium-Batterie, eine Nickel-Metallhydrid-Batterie, eine Lithium-Ionen-Batterie, eine Lithium-Polymerbatterie, oder einen Kondensator,

-12-

insbesondere Doppelschicht-, Super- oder Ultrakondensator, handelt. Der zweite Anschluß 27 des EnergiezwischenSpeichers 26 ist über einen Schalter 30 an Masse ebenso wie eine weiterer, den Ein/Ausgängen 20, 21 gemeinsamer Anschluß des DC/DC-Wandlers gelegt und damit auch an die Leitung 9 angeschlossen.

Der DC/DC-Wandler 19 hat intern nicht näher dargestellte Meßwandler zur Messung der Ströme und Spannungen sowohl auf der der Brennstoffzelle 8 als auch auf der dem EnergiezwischenSpeicher 26 zugewandten Seite. Der ZwischenSpeicher 26 ist mit einer Datenerfassung- und Übertragungseinheit 28 verbunden, die an Sensoren zur Messung der Spannungen und Temperaturen des EnergiezwischenSpeichers 26 angeschlossen ist. Die Sensoren messen z. B. die Gesamtspannung und die Temperatur eines Moduls einer Batterie.

An das Gleichstromnetz mit den Leitungen 4, 9 ist ein weiterer DC/DC-Wandler 32 mit einer Seite angeschlossen. Die andere Seite des DC/DC-Wandlers 32 steht mit einem Akkumulator 33 in Verbindung. Der Akkumulator 33 mit z. B. 12 V Nennspannung ist Teil eines Bordnetzes, das eine Reihe von elektrischen Ver-brauchern wie Scheibenwischermotore, Lampen, Blinkleuchten, Fensterhebermotore usw. enthält. Dieses Bordnetz und die in diesem angeordneten Verbraucher sind nicht näher dargestellt. Über den DC/DC-Wandler 32 kann das Bordnetz mit elektrischer Energie aus dem Brennstoffzellennetz versorgt werden, um den Akkumulator zu laden und/oder die Verbraucher zu speisen. Es ist auch eine Energieabgabe vom Bordnetz in das Hochvoltnetz der Brennstoffzelle möglich.

Ein Steuergerät 29 enthält Programme zur Betätigung des Fahrumrichters 3, der Hilfs- und Zusatzaggregate, der Schalter 5, 10, 22, 24, 30 zur Steuerung und Regelung des DC/DC-Wandlers 19 und des DC/DC-Wandler 32 und zur Verarbeitung der Meßwerte der Temperaturen und Spannungen

-13-

des Energiezwischen-speichers 26 und der Spannungen des Bordnetzes, an den Ausgängen 25, 26 bzw. den Ein/Ausgängen 20, 21 des DC/DC-Wandlers 19 und den Anschlüssen der Brennstoffzelle 8 sowie der über den DC/DC-Wandler 19 und 32 fließenden Ströme und des von der Brennstoffzelle 8 abgegebenen Stroms. Das Steuergerät ist insbesondere mit einem Bus 31 verbunden, an den die zu betätigenden Schalter, die zu steuernden Einheiten wie Fahrumrichter 3 und die DC/DC-Wandler 19 und 32, die Datenerfassung- und -übertragungseinheit 28 und z. B. weitere Einheiten wie Hilfs- und Zusatzaggregate als Teilnehmer angeschlossen sind. Der Bus ist insbesondere ein CAN-Bus.

Die Diode 6 verhindert schädliche Rückströme in die Brennstoffzelle.

Die Schalter 22 und 30 haben die Aufgabe als Schutzschalter den Energiezwischenpeicher vom DC/DC-Wandler zu trennen.

Der Vorwiderstand 23 zusammen mit dem z. B. als Relais ausgebildeten Schalter 24 ermöglichen ein schonendes Vorladen der internen Kapazitäten des DC/DC-Wandlers. Da die über den Widerstand 23 fließenden Ströme gering sind, reicht ein Relais für die Stromführung aus.

Die Batterie-Daten-Erfassungs-Anordnung 28 erfaßt Spannungen und Temperaturen der Batterie z. B. die Gesamtspannung eines Moduls sowie die Temperatur eines Moduls und sendet die erfaßten Daten über den fahrzeug-internen Datenbus z. B. CAN-Bus.

Der DC/DC-Wandler dient als Interface zwischen Energiezwischenpeicher und dem Brennstoffzellen-DC-Netz, indem er die Spannung des Energiezwischenpeichers der des Brennstoffzellen-DC-Netzes anpaßt.

-14-

Über den DC/DC-Wandler werden die Hilfsantriebe bzw. -aggregate während der Startphase aus dem Energiezwischenspeicher betrieben.

Der Energiezwischenspeicher 26 kann beim Bremsen anfallende Energie aufnehmen. Hierzu wird der Traktionsantrieb zum Generator und speist elektrische Energie in das Brennstoffzellen-DC-Netz. Aus diesem speist der DC/DC-Wandler 19 in den Energiezwischenspeicher 26.

Bei ansteigendem Leistungsbedarf z. B. zur Beschleunigung des Fahrzeugs, kann der DC/DC-Wandler 19 aus dem Energiezwischenspeicher 26 zusätzliche Leistung zur momentan verfügbaren Brennstoffzellenleistung den Antrieben zur Verfügung stellen und somit die Dynamik des Stromerzeugungssystems erhöhen.

Während einem Lastabwurf kann überschüssige Leistung aus der Brennstoffzelle 8 über den DC/DC-Wandler 19 in den Energiezwischenspeicher verschoben werden.

Die Ansteuerung des DC/DC-Wandlers 19 nimmt das fahrzeuginterne Steuergerät 29 über das fahrzeuginterne Bussystem z. B. CAN vor.

Der DC/DC-Wandler 19 bildet mit dem Energiezwischenspeicher 26 und seiner Peripherie (z. B. Batteriemanagement, Batterieschutzschalter usw.) das Energiezwischenspeichersystem (EZS):

Die Brennstoffzelle 8 wird durch folgende Verfahrensschritte gestartet:

1. Schließen des Schalters 24 bzw. Relais.
2. Schließen des Batterieschutzschalters 30.



-15-

3. Die internen Kapazitäten des DC/DC-Wandler werden während einer vorgebbaren Zeitdauer über den Widerstand 23 vorgeladen.
4. Nach dem Vorladen wird der Batterieschutzschalter 22 geschlossen.
5. Ist der Batterieschutzschalter 22 geschlossen, und es kann der Schalter 24 bzw. das Relais K1 geöffnet werden.
6. Der DC/DC-Wandler 19 lädt die Kapazitäten des Brennstoffzellenzwischenkreises so daß die Hilfsantriebe anlaufen können und eingeschaltet werden, um das Brennstoffzellensystem zu starten.
7. Wird die Brennstoffzelle 8 ausreichend mit Brenngasen (z. B. Luft aus einem Kompressor und wasserstoffreiches Gas aus einem Reformierungsprozeß) versorgt, so baut sie (nach einer gewissen Zeit) eine Spannung auf.
8. Der Batterieschutzschalter mit dem Schaltkontakt 10 wird geschlossen und die Leerlaufspannung der Brennstoffzelle 8 gemessen.
9. Der DC/DC-Wandler 19 hebt die Spannung des Brennstoffzellen-Zwischenkreises auf die Leerlaufspannung der Brennstoffzelle 8 an. Stimmen die gemessene Leerlaufspannung der Brennstoffzelle 8 und die Spannung des Zwischenkreises überein wird auch der Schaltkontakt 5 geschlossen. Damit ist der Startvorgang beendet und das Brennstoffzellensystem geht in Nennbetrieb über.

Es kann ein Abschalten während des Vorladens, das zum Startvorgang gehört bzw. diesem vorausgeht, gewünscht und wie folgt ausgeführt werden:

Muß während des Startvorgangs (Während des Schritts 3) abgeschaltet werden, so wird zuerst der Batterieschutzschalter 30 geöffnet und erst kurz darauf das Relais 24 geöffnet.

Das hat den Vorteil, daß das Relais 24 nicht für das Trennen des Vorladestroms ausgelegt werden muß. Das Relais muß lediglich den Vorladestrom führen können, und im geöffneten Zustand eine sichere Isolation darstellen.

Der Schalter 30 hingegen muß auch im Fehlerfall den Stromkreis sicher trennen können, und somit mit einer Vorrichtung zur Löschung des beim Schalten von Gleichstrom auftretenden Lichtbogens versehen sein.

Die oben beschriebene Vorrichtung kann in 2 Betriebsarten bzw. Modi arbeiten, die im folgenden mit I-Modus und Automatikmodus bezeichnet sind:

#### 1. I-Modus

Im I-Modus wird dem DC/DC-Wandler 19 ein Strom vom Brennstoffzellenzwischenkreis vorgegeben und zusätzlich ein Signal "Laden" oder "Entladen". Diese beiden Signale bestimmen somit die Stromrichtung. Ist das Signal "Laden" vorgegeben, so wird der Energiezwischenpeicher 26 geladen, d. h. es fließt ein Strom in den Energiezwischenpeicher 26. Beim "Entladen" fließt ein Strom aus dem Energiezwischenpeicher 26. Da die Spannung an diesem stets positiv ist, so entspricht die Stromflußrichtung stets auch der Energieflußrichtung. Im I-Modus werden beim "Laden" folgende Grenzwerte der Spannung bzw. des Strom vorgegeben:

U <sub>min</sub>	Minimal-Spannung brennstoffzellenseitig
I <sub>b</sub>	Sollstrom brennstoffzellenseitig
U <sub>zmax</sub>	Maximalspannung energiezwischenpeicherseitig
I <sub>z</sub>	Maximalstrom energiezwischenpeicherseitig

-17-

Wird beim "Laden" einer dieser Grenzwerte tangiert, so reduziert der DC/DC-Wandler 19 automatisch den Strom. Damit wird verhindert, daß die Brennstoffzelle 8 vom DC/DC-Wandler 19 so stark belastet wird, daß ihre Spannung unter  $U_{bmin}$  fällt.

Ein Überschreiten der zulässigen Spannung wird am Energiezwischenspeicher 26 vom Wandler 19 selbst verhindert, ebenso das Überschreiten eines zulässigen Strom am Speicher 26.

Im I-Modus gelten beim " Entladen" analog folgende Grenzwerte:

$U_{bmax}$	Maximal Spannung brennstoffzellenseitig
$I_b$	Sollstrom brennstoffzellenseitig
$U_{zmin}$	Minimalspannung energiezwischenspeicherseitig
$I_z$	Maximalstrom energiezwischenspeicherseitig

Wird beim "Laden" einer dieser Grenzwerte tangiert, so reduziert der DC/DC-Wandler automatisch den Strom. Damit wird verhindert, daß die Spannung im Brennstoffzellenkreis einen zulässigen Wert überschreitet. Ein Unterschreiten der zulässigen Spannung am Energiezwischenspeicher z. B. einer Mindestspannung, wird so vom Wandler 19 selbst verhindert, ebenso wie das Überschreiten eines zulässigen Stromes am Zwischenspeicher 26.

Im Automatikmodus wird dem DC/DC-Wandler 19 ein Spannungsfenster für den Brennstoffzellenkreis vorgegeben:

$U_{bmin}$	Minimal-Spannung brennstoffzellenseitig
$U_{bmax}$	Maximal-Spannung brennstoffzellenseitig

Steigt die Spannung im Brennstoffzellenkreis über die mit  $U_{bmax}$  vorgegebene Grenze, so schaltet der DC/DC-Wandler 19

-18-

automatisch auf "Lademodus", speist also Strom aus dem Brennstoffzellenkreis in den Energiezwischenspeicher 26.

Sinkt die Spannung im Brennstoffzellenkreis über die mit  $U_{bmin}$  vorgegebene Grenze, so schaltet der DC/DC-Wandler 19 automatisch auf "Entlademodus", speist Strom aus dem Energiezwischenspeicher 26 in den Brennstoffzellenkreis und stützt somit die Spannung im Brennstoffzellenkreis.

Der Automatikmodus ist speziell für den Betrieb mit einem Brennstoffzellensystem ausgelegt. Es können so automatisch Spannungseinbrüche z. B. bei Lastanforderungen als auch Spannungserhöhungen z. B. beim rekuperativen Bremsen ausgeregelt werden.

Auch im Automatikmodus gelten die Grenzen

$U_{zmin}$	Minimalspannung energiezwischenspeicherseitig
$U_{zmax}$	Maximalspannung energiezwischenspeicherseitig
$I_b$	Sollstrom wird zu Maximalstrom brennstoffzellen-seitig
$I_z$	Maximalstrom energiezwischenspeicherseitig

Ist die Spannung im Brennstoffzellenkreis zwischen  $U_{bmin}$  und  $U_{bmax}$ , so ist der DC/DC-Wandler 19 inaktiv.

### Strommessung

Für die oben beschriebene Regelung hat der DC/DC-Wandler 19 intern Meßwandler, um Ströme und Spannungen sowohl zellen-brennstoffseitig als auch am Speicher 26 messen zu können. Die hier aufgenommenen Meßwerte, insbesondere die der Strommessung können auch andern Teilnehmern am fahrzeuginternen Bussystem zur Verfügung gestellt werden z. B. zur Ermittlung des Coulombmetrischen Ladezustands des Energiezwischen-speichers 26 in einem

-19-

Batteriemanagementsystem (BMS). Der Coulombmetrische Ladezustand einer Batterie wird durch Integration des Stroms des Speichers 26 ermittelt.

Sowohl der Ladestrom als auch der Entladestrom des DC/DC-Wandlers 19 können innerhalb vorgegebener Grenzen beliebig (quasi analog) vorgegeben werden. Im DC/DC-Wandler 19 sind die oben beschriebenen Grenzwerte für Maximalspannung, Minimalspannung und Maximalstrom sowohl für die Eingangsseite als auch für die Ausgangsseite in einem nichtflüchtigen Speicher, z. B. einem Flash-Eprom abgelegt. Die Vorrichtung kann einfach an verschiedene Energiezwischenspeichersysteme (verschiedene Speichertechnologien z. B. verschiedene Batteriesysteme wie Blei-Säure-Batterie, Nickel-Cadmium-Batterie, Nickel-Metallhydrid-Batterie, Lithium-Ionen-Batterie, Lithium-Polymerbatterie) und Kondensatoren angeschlossen werden mit verschiedenen Spannungsniveaus, Ladecharakteristiken. Die Lade-/Entlade Strategie ist softwaremäßig im fahrzeuginternen Steuergerät 29 hinterlegt.

Die oben beschriebene Vorrichtung hat den Vorteil, daß bei ansteigenden Leistungsbedarf, z. B. zur Beschleunigung des Fahrzeugs, zusätzlich zur momentan verfügbaren Brennstoffzellenleistung den Antrieben Leistung aus einem Energiezwischen-speicher zur Verfügung steht. Darüberhinaus ist der Betrieb des Brennstoffzellensystems bei hohen Wirkungsgraden möglich. Insbesondere bei geringen Leistungen weist ein Brennstoff-zellensystem mit Hilfsantrieben einen geringeren Wirkungsgrad auf als an seinem Nennauslegungspunkt. Der Gesamtwirkungsgrad des Stromerzeugungssystems kann dadurch angehoben werden, daß bei geringem Leistungsbedarf das Brennstoffzellsystem dennoch bei höherer Leistung betrieben wird, und die zusätzlich produzierte Leistung vom Energiezwischen-speicher 26 gespeichert wird. Die gespeicherte Energie kann für Beschleunigungsvorgänge oder den Betrieb von

Hilfsantrieben z. B. beim Starten des Brennstoffzellensystems genutzt werden.

Soll die Leistung des Brennstoffzellensystems sehr schnell verringert werden, z. B. weil der Verkehr stockt, so stehen im Brennstoffzellensystem noch Brenngase zur Verfügung, die von der Brennstoffzelle in elektrischen Strom umgewandelt werden können. Der Strom wird, sofern nicht von den Antrieben benötigt, im Energiezwischenspeicher gespeichert.

Der DC/DC-Wandler 19 für das Energiezwischenspeichersystem ist mit dem DC/DC-Wandler 32, der die Spannung des Brennstoffzellensystems auf die Spannung des Bordnetzes von z. B. 12 V tiefsetzen kann, bei einer zweckmäßigen Ausführungsform in einem Gehäuse 34 integriert. Das Gehäuse 34 ist in Fig. 2 stichpunktartig dargestellt.

Durch die Integration von zwei oder auch mehreren Wandlern ergibt sich der Vorteil, daß die internen Einzelwandler die Versorgungen wie z. B. 12 V Versorgungsspannung und Kühlmediumversorgung (flüssig oder gasförmig) und die Kommunikationsschnittstelle zum Fahrzeugsteuergerät, z. B. über CAN, gemeinsam nutzen können.

Zu den DC/DC-Wandlern 19, 32 können auch die für den Energie-zwischenspeicher 26 notwendigen Batterieschutzschalter wie 22, 24 und 36 sowie deren Ansteuerungselektronik im gemeinsamen Gehäuse 34 untergebracht sein.

Die für den Energiezwischenspeicher 26 notwendigen Batterie-schutzschalter sowie deren Ansteuerungselektronik können in Verbindung mit der Vorladeschaltung zur Vorladung der internen Kapazitäten, in das Gehäuse 34 integriert sein.

Es steht dabei nicht nur das Gehäuse 34 sondern das Zusammen-fassen der Komponenten Battery Monitoring,

-21-

Interface, Batterieschutzschalter, Strommessung, DC/DC-Wandler 19, 32, Kühleinrichtung, Steuergerät 29 mit Mikrocontroller und elektrischer sowie mechanischer Anschlüsse zu einer funktionellen Einheit im Vordergrund.

Durch den integrierten DC/DC-Wandler entsteht gegenüber zwei oder mehreren einzelnen Wandlern ein wesentlicher Gewichts-, Volumen- und Konstruktionsvorteil.

In Fig. 2 ist nur das Gehäuse 34 mit seinen Bauteilen dargestellt. Gleiche Bauteile bei der in Fig. 1 und 2 dargestellten Vorrichtung sind mit den gleichen Bezugsziffern versehen. Die Verbindung der in Fig. 2 dargestellten Bauteile im Gehäuse-inneren zu den anderen Bauteilen ist die gleiche wie in Fig. 1 und deshalb in Fig. 2 nicht dargestellt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle in einem Fahrzeug, das wenigstens einen Antriebsmotor aufweist, der über einen Umrichter mit der Brennstoffzelle verbindbar ist, der Hilfsaggregate für die Startphase und den Dauerbetrieb nach der Startphase zugeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Umrichter (3) und Hilfs- bzw. Zusatzaggregate (16, 12, 14) für das Starten und den Betrieb der Brennstoffzelle (8) sowie eine Seite eines bidirektionalen DC/DC-Wandlers (19) über wenigstens einen Schaltkontakt (5) mit elektrischen Aus-gängen (7, 11) der Brennstoffzelle (8) verbindbar sind, daß an die andere Seite des DC/DC-Wandlers (19) über wenigstens ein weiteren Schaltkontakt (22) ein Energie-zwischenspeicher (26) anschließbar ist, und daß ein Steuergerät (29) vorgesehen ist, das die Freigabe des Energieflusses über den DC/DC-Wandler und die Energiefluß-richtung über den DC/DC-Wandler in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Brennstoffzelle und des Energie-zwischenspeichers (26) steuert.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen mindestens einem elektrischen Ausgang (7) der Brennstoffzelle (8) und dem Schaltkontakt (5) eine bezüglich der Polarität des Ausgangsstroms bei Nennbetrieb der Brennstoffzelle in Durchlaßrichtung gepolte Diode angeordnet ist.



-23-

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem einen elektrischen Anschluß (25) des Energiezwischenspeichers (26) und einem Eingang des DC/DC-Wandlers (19) der Schaltkontakt (22) parallel zu einer Reihenschaltung eines weiteren Schalters (24) und eines Widerstand (23) angeordnet ist und daß die Schalter (22, 24) durch das Steuergerät (29) betätigbar sind.
4. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten elektrischen Anschluß (27) des Energiezwischenspeichers (26) und Masse, an die jeweils eine Anschluß des DC/DC-Wandlers (19) und der Hilfsantriebe (16) sowie der Umrichter (3) gelegt ist, ein vom Steuergerät (29) betätigbarer Schalter (30) angeordnet ist.
5. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beide elektrischen Ausgänge (7, 11) der Brennstoffzelle (8) über je einen Schaltkontakt (5, 10) mit dem den Umrichter (3) enthaltenden Netz verbunden sind, und daß die Schaltkontakte (5, 10) vom Steuergerät (29) jeweils für sich betätigbar sind.
6. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezwischenspeicher (26) eine Blei-Säure-Batterie, eine Nickel-Cadmium-Batterie, eine Nickel-Metallhydrid-Batterie, eine Lithium-Ionen-Batterie oder eine Lithium-Polymerbatterie ist.
7. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezwischenspeicher (26) ein Doppelschichtkondensator oder ein Super- oder Ultrakondensator ist.

8. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Sensoren zur Messung der Spannung und der Temperatur des Energiezwischenspeichers (26) vorgesehen und als Teilnehmer an einem Bus (31) mit dem Steuergerät (29) verbunden sind.
9. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuer- und Regelprogramm für den Betrieb der Brennstoffzelle (8), des DC/DC-Wandlers (19), der Hilfsaggregate (16) und des Energiezwischenspeichers (26) in einem nichtflüchtigen Speicher enthalten ist.
10. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der bidirektionale DC/DC-Wandler (19) und wenigstens ein weiterer bidirektionaler Wandler (32), der mit dem von der Brennstoffzelle (8) gespeisten Netz und mit einem Bordnetz verbunden ist, dessen Spannung kleiner als die Nennspannung der Brennstoffzelle (8) ist, in einem gemeinsamen Gehäuse (34) angeordnet sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalter zwischen dem Energiezwischenspeicher (26) und dem DC/DC-Wandler (19) sowie das Steuergerät (29) im Gehäuse (34) angeordnet sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die im Gehäuse (34) angeordneten DC/DC-Wandler (19, 32) und das Steuergeräte (29) gemeinsam an eine Versorgungsspannung angeschlossen sind, daß die DC/DC-Wandler (19, 32) eine gemeinsame Kühlmittelversorgung aufweisen und daß das Gehäuse (34) eine Kommunikationsschnittstelle zum Bus (31) hat.

13. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle in einem Fahrzeug, das wenigstens einen Antriebsmotor aufweist, der über einen Umrichter mit der Brennstoffzelle verbunden ist, der Hilfsaggregate für die Startphase und den Dauerbetrieb nach der Startphase zugeordnet sind, wobei der Umrichter, Hilfs- und Zusatzaggregate für das Starten und den Betrieb der Brennstoffzelle und eine Seite eines bidirektionalen DC/DC-Wandlers an die elektrischen Ausgänge der Brennstoffzelle anschaltbar sind, und wobei an die andere Seite des DC/DC-Wandlers über wenigstens einen Schalter ein Energie-zwischenspeicher angeschlossen ist, der mit einem Steuergerät verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die brennstoffzellenseitige Spannung und die energiezwischenspeicherseitige Spannung gemessen werden, daß beim Laden des EnergiezwischenSpeichers ein minimaler brennstoffzellenseitiger Spannungswert, ein brennstoff-zellenseitiger Sollstrom, ein maximaler energiezwischen-speicherseitiger Spannungswert und ein maximaler energie-zwischenspeicherseitigen Strom vorgegeben und überwacht werden, daß beim Erreichen des minimalen brennstoffzellenseitigen oder des maximalen energiezwischenspeicherseitigen Spannungswerts oder des brennstoffzellenseitigen Sollstroms oder des energiespeicherseitigen Maximalstroms der Ladestrom des DC/DC-Wandlers zur Vermeidung des Unter-schreitens des minimalen oder Überschreitens des maximalen Spannungswerts und des Überschreitens des Sollstroms oder des maximalen Strom reduziert wird, daß beim Entladen des EnergiezwischenSpeichers ein maximaler brennstoffzellen-seitiger Spannungswert, der brennstoffzellenseitige Soll-strom, ein energiezwischenspeicherseitiger minimaler Spannungswert und ein energiezwischenspeicherseitiger maximaler Stromwert vorgegeben und überwacht werden

-26-

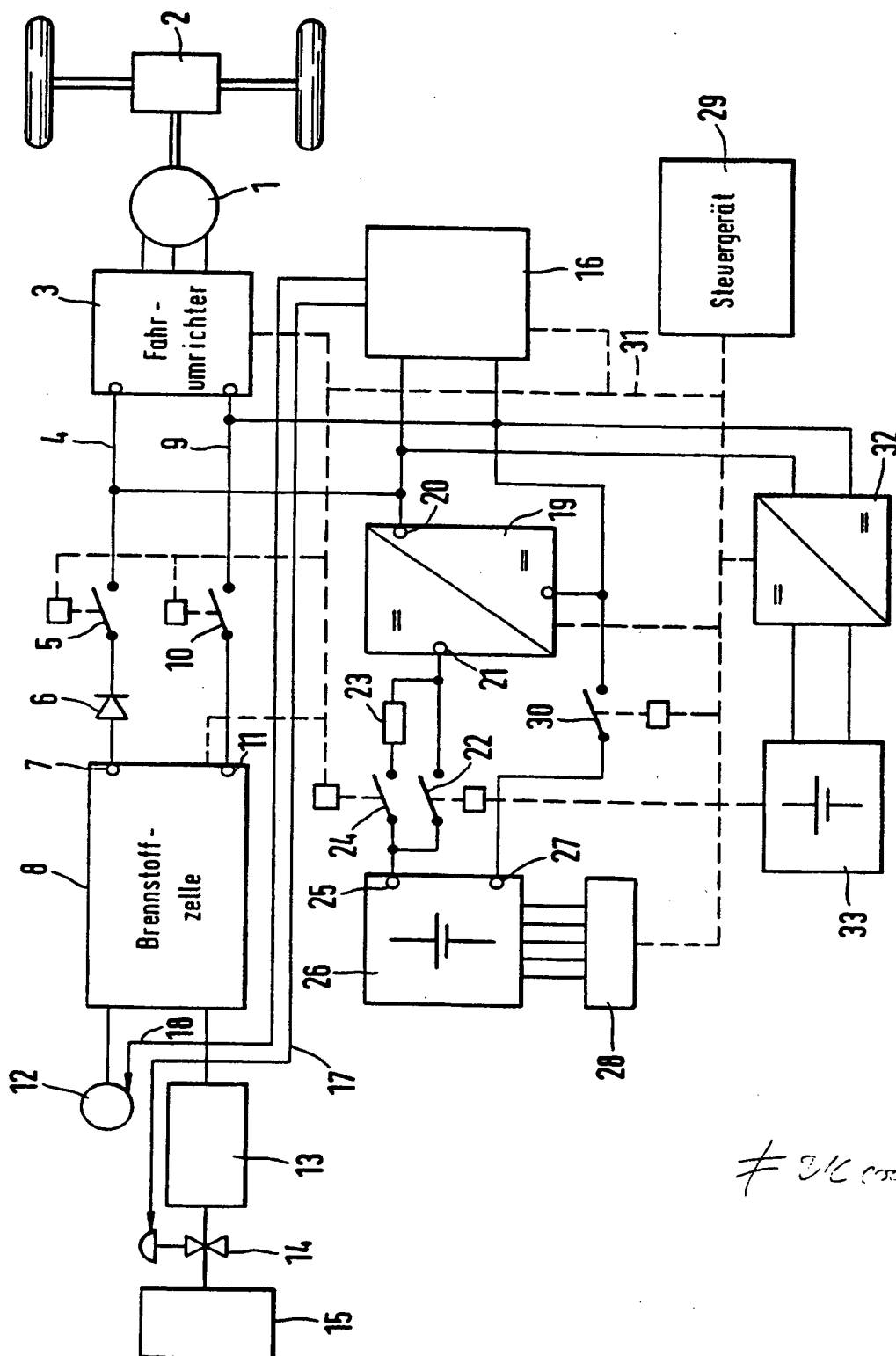
und daß beim Erreichen des maximalen brennstoffzellenseitigen Spannungswert oder des minimalen energiezwischenspeicher-seitigen Spannungswert oder des Sollstroms oder des energiespeicherseitigen maximalen Stromwerts der Entladestrom des Energiezwischenspeicher durch den DC/DC-Wandler derart reduziert wird, daß der maximalen Spannungswert nicht über- und der minimale Spannungswert nicht unterschritten und der Sollstrom oder der maximale Strom überschritten werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen bzw. Unterschreiten der minimalen brennstoffzellenseitigen Spannungswerts oder eines vorgegebenen darüberliegenden höheren Spannungswerts der DC/DC-Wandler auf Endlademodus eingestellt wird, in dem der Strom in das mit der Brennstoffzelle verbundene Netz eingespeist wird, daß bei Erreichen bzw. Überschreiten des maximalen brennstoffzellenseitigen Spannungswerts oder eines unterhalb dieses Spannungswerts liegenden, vorgegebenen Spannungswerts der DC/DC-Wandler auf Lademodus eigestellt wird, bei dem Strom aus der mit der Brennstoffzelle verbundenen Netz in den Energiezwischenspeicher eingespeist wird, und daß bei einer zwischen der minimalen und dem maximalen vorgegebenen Spannungswert liegender Spannung der Brennstoffzelle der DC/DC-Wandler inaktiv ist.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß zum Starten der Brennstoffzelle zuerst der Energiezwischenspeicher durch Schließen des Schalters mit dem DC/DC-Wandler verbunden wird, der die Energie für die Hilfs- bzw. Zusatzaggregate zur Verfügung stellt, die an das mit seinem Ausgang verbundene Netz angeschlossen sind, daß die Brennstoffzelle durch die Hilfs- bzw. Zusatzaggregate in Gang gesetzt und daß nach Erreichen der vorgesehe-

-27-

nen Ausgangsspannung der Brennstoffzelle der Schalter  
vor dem Ausgang der Brennstoffzelle geschlossen wird.

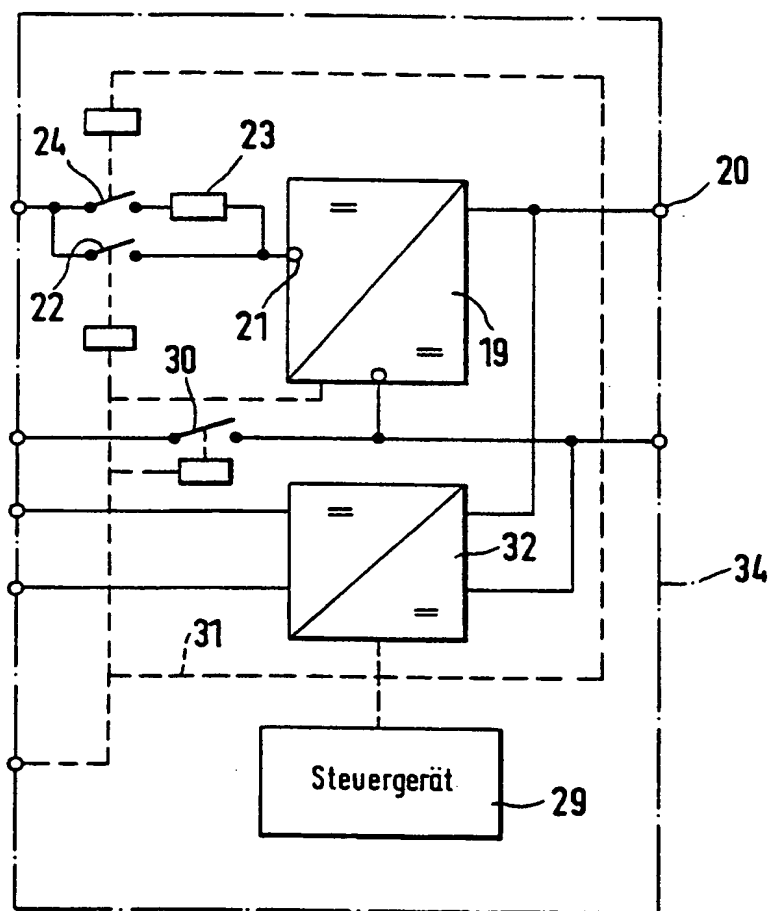
1 / 2



ERSATZBLATT (REGEL 26)

2 / 2

Fig.2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 00/09233

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 B60L11/18 B60L15/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B60L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 31 250 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 29 January 1998 (1998-01-29)	1,6,9
Y	abstract  column 6, line 22 - line 40 column 10, line 4 - line 20 figure 1	2-5,8, 10,13
Y	--- DE 198 10 468 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 16 September 1999 (1999-09-16) cited in the application	2
A	abstract; figures 1,3 column 1, line 13 - line 16 column 1, line 27 - line 50 column 1, line 61 -column 2, line 25 column 3, line 27 -column 4, line 5 --- -/--	1,13-15

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 January 2001

Date of mailing of the international search report

29 JAN 2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vanata, D



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 00/09233

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 771 863 A (RENAULT) 4 June 1999 (1999-06-04) abstract; figure 1 ---	3-5
Y	US 5 625 272 A (TAKAHASHI TSUTOMU) 29 April 1997 (1997-04-29) column 4, line 51 - line 65; figure 1 ---	8
Y	DE 196 17 548 A (OPEL ADAM AG) 6 November 1997 (1997-11-06) abstract column 5 claims 1,2,8 figure 1 ---	13
Y	US 5 166 584 A (FUKINO MASATO ET AL) 24 November 1992 (1992-11-24) abstract; figure 2 -----	10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/09233

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19731250	A	29-01-1998	JP 10040931 A	13-02-1998
			US 6158537 A	12-12-2000
DE 19810468	A	16-09-1999	WO 9946845 A	16-09-1999
			EP 1062716 A	27-12-2000
FR 2771863	A	04-06-1999	EP 1034592 A	13-09-2000
			WO 9929007 A	10-06-1999
US 5625272	A	29-04-1997	JP 8140206 A	31-05-1996
			DE 19541595 A	15-05-1996
DE 19617548	A	06-11-1997	NONE	
US 5166584	A	24-11-1992	JP 4067703 A	03-03-1992

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/09233

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 B60L11/18 B60L15/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B60L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 197 31 250 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 29. Januar 1998 (1998-01-29)	1,6,9
Y	Zusammenfassung  Spalte 6, Zeile 22 - Zeile 40 Spalte 10, Zeile 4 - Zeile 20 Abbildung 1 ---	2-5,8, 10,13
Y	DE 198 10 468 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 16. September 1999 (1999-09-16) in der Anmeldung erwähnt	2
A	Zusammenfassung; Abbildungen 1,3 Spalte 1, Zeile 13 - Zeile 16 Spalte 1, Zeile 27 - Zeile 50 Spalte 1, Zeile 61 - Spalte 2, Zeile 25 Spalte 3, Zeile 27 - Spalte 4, Zeile 5 --- -/--	1,13-15

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Januar 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Vanata, D

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/09233

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 2 771 863 A (RENAULT) 4. Juni 1999 (1999-06-04) Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	3-5
Y	US 5 625 272 A (TAKAHASHI TSUTOMU) 29. April 1997 (1997-04-29) Spalte 4, Zeile 51 - Zeile 65; Abbildung 1 ---	8
Y	DE 196 17 548 A (OPEL ADAM AG) 6. November 1997 (1997-11-06) Zusammenfassung Spalte 5 Ansprüche 1,2,8 Abbildung 1 ---	13
Y	US 5 166 584 A (FUKINO MASATO ET AL) 24. November 1992 (1992-11-24) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	10

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/09233

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19731250 A	29-01-1998	JP 10040931 A	13-02-1998
		US 6158537 A	12-12-2000
DE 19810468 A	16-09-1999	WO 9946845 A	16-09-1999
		EP 1062716 A	27-12-2000
FR 2771863 A	04-06-1999	EP 1034592 A	13-09-2000
		WO 9929007 A	10-06-1999
US 5625272 A	29-04-1997	JP 8140206 A	31-05-1996
		DE 19541595 A	15-05-1996
DE 19617548 A	06-11-1997	KEINE	
US 5166584 A	24-11-1992	JP 4067703 A	03-03-1992

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**